

ISSN 1167-489X

techniques et méthodes
des laboratoires des ponts et chaussées

Méthode d'essai des lpc n°61

Essai de compacité des fractions granulaires à la table à secousses

Mode opératoire

Essai de compacité des fractions granulaires à la table à secousses

Mode opératoire

Méthode d'essai n° 61

Juillet 2004



Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
58, boulevard Lefebvre - 75732 Paris Cedex 15

Ce document a été rédigé par :

MM. Vincent Lédée, François de Larrard, Thierry Sedran, Frédérick Brochu

Division Technologies du génie civil et environnement
Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

Ce document est disponible au :

Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
IST-Diffusion des Éditions
58, boulevard Lefebvre
F-75732 Paris Cedex 15

Téléphone : 01 40 43 50 20
Télécopie : 01 40 43 54 95
Internet : http://www.lcpc.fr

Prix : **10 Euros HT**

En couverture : *Table à chocs pour essais de compacité* (Photo LCPC)

ISBN 2-7208-0373-1
ISSN 1167-489X

Sommaire

1. Objet

Le présent mode opératoire est utilisé pour la mesure de la compacité des granulats. La compacité d'un ensemble de grains dans un contenant rigide est la somme des volumes enveloppes des grains (en gris sur la figure 1), rapportée au volume total du contenant (somme gris + blanc de la figure 1).

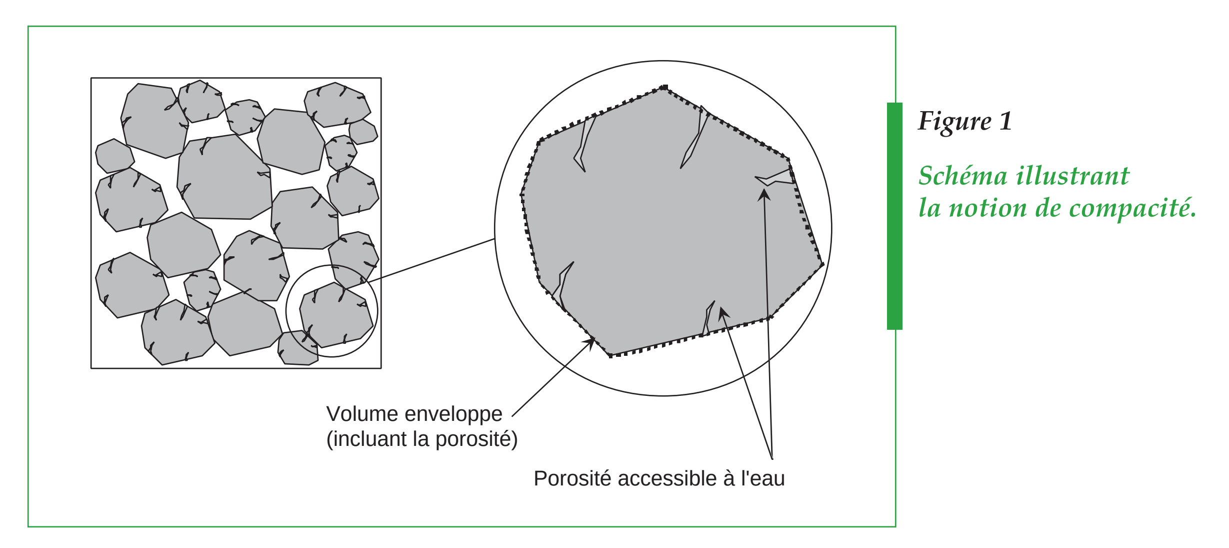


Figure 1

Schéma illustrant la notion de compacité.

2. Domaine d'application

Le présent mode opératoire s'applique aux granulats d'origine naturelle ou artificielle utilisés dans le domaine du bâtiment et du génie civil.

Toutefois, il ne s'applique ni aux granulats tendres (LA > 50) ni aux granulats grossiers (D_{max} > 31,5 mm).

3. Références

Norme NF EN 932-2 : Propriétés générales des granulats - partie 2 : méthodes de réduction d'un échantillon de laboratoire.

Norme NF EN 1097-6 : Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats - partie 6 : détermination de la masse volumique réelle et du coefficient d'absorption d'eau.

4. Généralités

4.1 But de l'essai

L'essai a pour but de mesurer la compacité d'une fraction granulaire de masse déterminée lorsqu'elle est soumise, dans un cylindre, à une sollicitation mécanique définie conventionnellement. Cette caractéristique est notamment utilisée comme paramètre d'entrée de modèles de formulation des mélanges granulaires.

4.2 Définition de l'essai

L'essai consiste à placer un échantillon de granulats dans un moule sous la contrainte d'un piston, et à appliquer à l'ensemble des secousses mécaniques provoquant un réarrangement des grains, et donc un compactage de l'échantillon. La mesure réalisée est alors celle de la masse volumique apparente de l'échantillon, qui permet d'en calculer la compacité.

5. Appareillage

5.1 Appareillage d'usage courant

- Balance capable de peser des masses allant jusqu'à 10 kg, avec une précision de ± 1 g ;
- étuve ventilée, capable de maintenir une température de (110 ± 5) °C ;
- équipement nécessaire pour effectuer la réduction de l'échantillon de laboratoire en prise d'essai, conformément à la norme NF EN 932-2 ;
- jauge de profondeur permettant une lecture à ± 0,1 mm.

5.2 Appareillage spécifique

◆ *Table à secousses* (Fig. 2)

La table comprend une partie fixe constituée d'un châssis en acier solidaire d'un socle massif formant un lest (environ 100 kg), et sur lequel sont montées deux parties mobiles qui sont, d'une part, une table plane en acier articulée au châssis sur l'un de ses côtés par l'intermédiaire d'une charnière et, d'autre part, un arbre à came entraîné en rotation par une manivelle.

La came est en acier dur. Sa forme doit permettre une chute libre de la table sur une hauteur de 1 ± 0,05 cm (*cf.* détail Fig. 2).

Du coté opposé à la charnière, la table prend appui sur le châssis par l'intermédiaire de deux épaulements métalliques supportant l'arbre à came. Une pièce d'usure en laiton, fixée sous la table, assure le contact de cette dernière avec la came.

Afin de garder l'intégrité de la came, et ainsi garantir la hauteur de chute de la table, la pièce d'usure sera changée régulièrement, avant que la came n'entre en contact direct avec la table.

◆ *Moule*

Le moule est constitué d'un cylindre en acier creux d'une profondeur de 600 ± 10 mm et d'un diamètre intérieur de 160 ± 2 mm. Afin que la paroi du cylindre puisse être considérée comme indéformable, son épaisseur sera d'au moins 4 mm.

Le moule peut éventuellement être une partie intégrante de la table. À défaut, il devra être équipé d'un socle et d'un système d'attache permettant de le solidariser à la table.

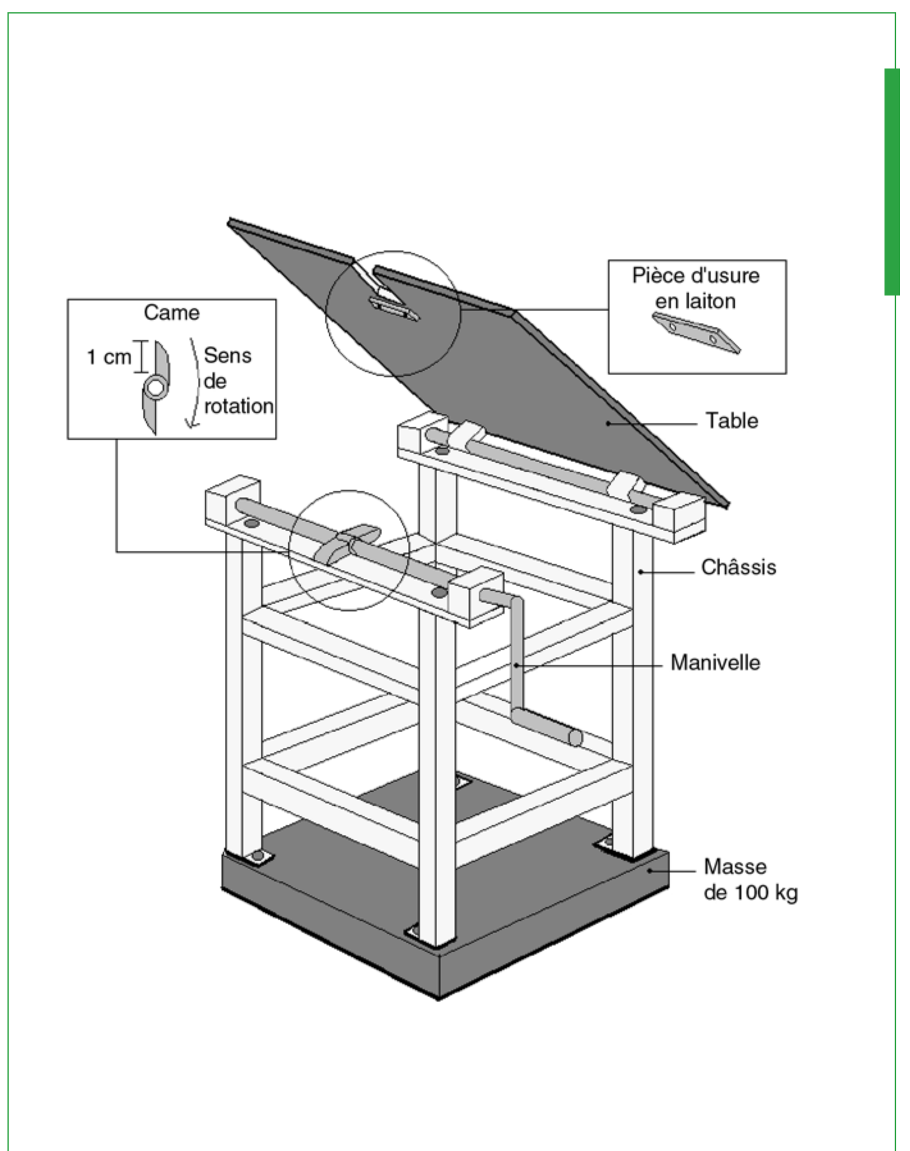


Figure 2

Schéma de la table à secousses.

◆ *Piston*

Le piston est constitué d'une cylindre en acier plein de diamètre extérieur égal au diamètre intérieur du moule moins 1 mm (de façon à assurer son libre coulissement à l'intérieur du moule), et d'une masse qui, calculée en fonction du diamètre intérieur du moule et de la densité du métal, doit permettre d'appliquer sur le matériau une pression de 10 kPa (à titre indicatif, cette masse est normalement égale à 20 kg). Il est conseillé d'équiper ce piston d'une poignée afin d'en faciliter la manipulation (le cas échéant, la masse de cette poignée doit être intégrée dans le calcul de la pression).

◆ *Cales*

Les cales sont des plaques métalliques rigides à faces planes et parallèles. Leur longueur doit être supérieure au diamètre du moule.

6. Préparation de l'échantillon pour essai

La masse de l'échantillon envoyé au laboratoire doit être au moins égale à 30 kg.

Dans le cas où la fraction testée serait un 0/D :
- ➢ couper par lavage au tamis de 63 µm ;
- ➢ sécher le matériau à l'étuve à 110 °C, jusqu'à masse constante ;
- ➢ réduire aux dimensions d'une prise d'essai l'échantillon de laboratoire préparé conformément à la norme NF EN 932-2.

La prise d'essai doit consister en deux éprouvettes, d'une masse de (7 kg ± 3 g) chacune.

7. Exécution de l'essai

7.1 Vérification de la profondeur à vide

- ➢ Fixer le moule sur la table à secousses. Le nettoyer soigneusement à l'air comprimé ;
- ➢ descendre le piston au fond du moule vide en s'assurant que la descente est complète ;
- ➢ positionner les deux cales en haut du moule et, à l'aide de la jauge de profondeur, mesurer la distance entre le sommet des cales et le sommet du piston (Fig. 3). Cette mesure est effectuée en deux points symétriques. Les lectures de profondeurs sont faites à 0,1 mm près. Noter les deux valeurs lues Hv1 et Hv2 ;
- ➢ calculer la profondeur moyenne Hv (en cm) ;
- ➢ retirer la jauge, les cales et le piston.

7.2 Mise en place de l'échantillon

- ➢ Couper la première éprouvette en trois parties de masses à peu près équivalentes, que l'on répartit dans des récipients différents ;
- ➢ verser une première fraction dans le moule et appliquer 20 secousses (le rythme des secousses est d'environ 2 par seconde). Répéter cette opération avec la deuxième, puis la dernière fraction ;
- ➢ descendre le piston dans le moule et le poser sur les granulats. Appliquer 40 nouvelles secousses.

7.3 Lecture de la profondeur en charge

- ➢ Positionner les deux cales en haut du moule et, à l'aide de la jauge de profondeur, mesurer la distance entre le sommet des cales et le sommet du piston (Fig. 3). Cette mesure est effectuée en deux points symétriques. Les lectures de profondeurs sont faites à 0,1 mm près ;
- ➢ noter les valeurs lues Hc1 et Hc2, calculer leur moyenne Hc (en cm).

7.4 Mesure sur la deuxième éprouvette

- ➢ Enlever le piston et vider le moule ;
- ➢ nettoyer soigneusement l'ensemble à l'air comprimé ;
- ➢ renouveler les opérations 7.2 et 7.3 avec la seconde éprouvette.

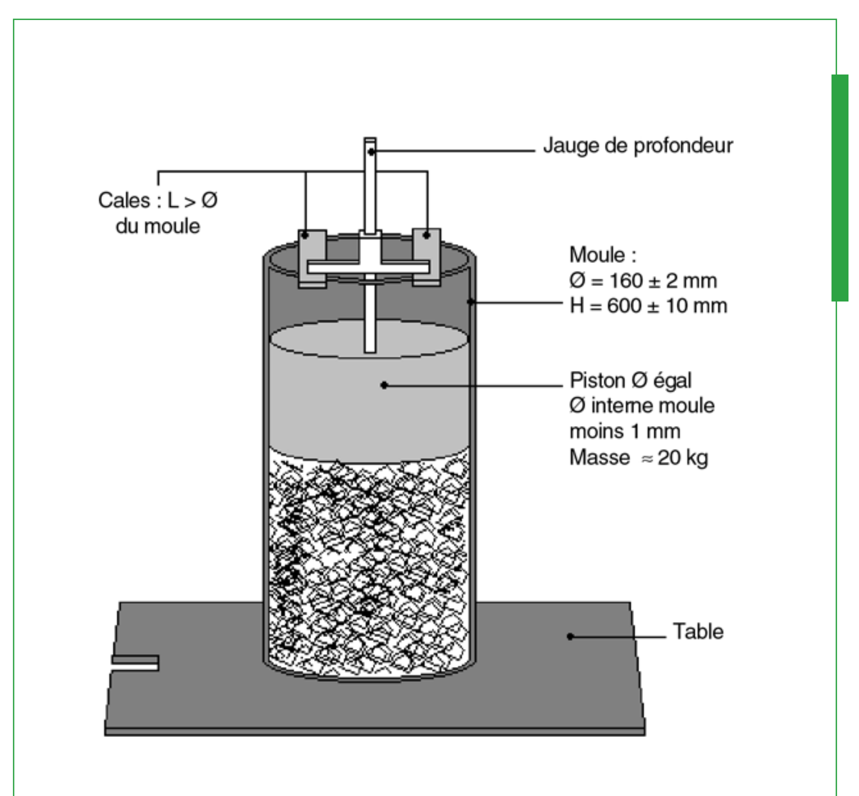


Figure 3

Principe de la mesure à la jauge de profondeur.

8. Expression des résultats

8.1 Calcul du volume apparent du matériau

Le volume apparent occupé en fin d'essai par le matériau est calculé à l'aide de la formule suivante :

$V = S \times h$ (en cm^3)

avec $S = \pi D^2/4$ (D = diamètre du cylindre en cm)

et $h = Hv - Hc$ (en cm).

8.2 Calcul de la compacité

Pour chaque éprouvette, la compacité est calculée selon la formule :

$C = \rho_a / \rho_{rd}$ avec ρ_{rd} = masse volumique réelle au sens de la norme NF EN 1097-6 (g/cm^3),

et ρ_a = masse volumique apparente du matériau, calculée suivant :

$\rho_a = M / V$ avec M = masse de l'échantillon (g),

V = volume mesuré (cm^3).

Le résultat de l'essai est la valeur moyenne des compacités obtenues sur les deux éprouvettes.

Il sera exprimé avec 3 décimales.

9. Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit déclarer que l'essai a bien été déterminé conformément aux prescriptions du présent mode opératoire.

Il doit contenir au moins les informations suivantes :

- le nom de l'échantillon ;
- la classe granulaire de l'échantillon soumis à l'essai ;
- le diamètre du cylindre utilisé ;
- les résultats de chaque essai, donnant la valeur de compacité obtenue sur chaque éprouvette et la moyenne obtenue ;
- la valeur de h, moyenne des valeurs Hv – Hc mesurées sur les deux éprouvettes ;
- la date de l'essai.

Un exemple de feuille d'essai est donné en annexe I.

Annexe I - Exemple de feuille d'essai

ESSAI DE COMPACITÉ

Selon MODE OPÉRATOIRE LPC n° .....

N° affaire : Date :

N° échantillon : Opérateur :

Désignation échantillon (nature, d/D) :

Masse volumique réelle (selon NF EN 1097-6) : ρ_{rd} (g/cm^3) =

Masse de l'éprouvette A (g) : Masse de l'éprouvette B (g) :

Dimensions du cylindre

Diamètre (cm) : Ø =

Surface du cylindre (cm^2) : $S = \pi Ø^2 / 4$

Profondeur à vide :

Mesure 1 : Hv1 =

} Moyenne : Hv (cm) =

Mesure 2 : Hv2 =

Hauteurs de matériau après essai

ÉPROUVETTE A	ÉPROUVETTE B
Mesure 1 : HC1 =	Mesure 1 : HC1 =
Mesure 2 : HC2 =	Mesure 2 : HC2 =
Moyenne : HC_A (cm) =	Moyenne : HC_B (cm) =
h moyenne = Hv - (HC_A+ HC_B / 2) = cm	

Calcul de la compacité

ÉPROUVETTE A	ÉPROUVETTE B
Volume (vm^3) :	Volume (cm^3) :
$V_A = S \times (Hv - Hc_A) =$	$V_B = S \times (Hv - Hc_B) =$
Masse volumique apparente =	Masse volumique apparente =
ρ_a = M (en g) / V_A (en cm^3) =	ρ_a = M (en g) / V_B (en cm^3) =
Compacité :	Compacité :
$C_A = \rho_a / \rho_{rd} =$	$C_B = \rho_a / \rho_{rd} =$

Résultat de l'essai : $C = (C_A + C_B) / 2 =$:
(O,xxx)

Observations	Signature

Document publié par le LCPC	sous le numéro J1050373
Conception et réalisation	LCPC-IST, Marie-Christine Pautré
Dessins	LCPC-IST, Philippe Caquelard
Flashage - Impression	JOUVE
Dépôt légal	3e trimestre 2004



L'essai proposé dans ce document a pour but de mesurer la compacité d'une fraction granulaire de masse déterminée lorsqu'elle est soumise, dans un cylindre, à une sollicitation mécanique définie. Le mode opératoire exposé s'applique aux granulats d'origine naturelle ou artificielle utilisés dans le domaine du bâtiment et du génie civil.

L'appareillage et les conditions des essais sont décrits mais aussi un exemple de feuille d'essai est donné pour permettre une bonne mise en œuvre de la méthode d'essai.

The test proposed in this document is intended to measure the compactness of a particle fraction with predetermined mass when submitted, within a cylinder, to a defined mechanical loading. The operating mode presented herein is applicable to aggregates of either natural or artificial origin used in the fields of construction and civil engineering.

Both the testing equipment and conditions are described; moreover, an example of a test sheet has been provided to enable successful implementation of this method.

Réf : ME 61



N° 9915173
pour les sites
de Paris et de Nantes